Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра электро- и теплоэнергетики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.12 Релейная защита и автоматика»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Электроснабжение
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Год набора 2024

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.12 Релейная защита и автоматика*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра электро- и теплоэнергетики
наименование кафедры

протокол № 4 от "22" 02 2024 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра электро- и теплоэнергетики _____ В.Ю. Соколов
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Доцент кафедры ЭТЭ _____ К. Р. Валиуллин
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника _____ С. В. Митрофанов
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ Е.А. Бикшимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ С. А. Сильвашко
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Валиуллин К. Р., 2024
© ОГУ, 2024

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: формирование знаний о принципах работы, проектирования и технической реализации устройств релейной защиты и автоматики (РЗиА) электроэнергетических систем.

Задачи:

– изучение обучающимися основных устройств РЗиА, принципов их функционирования;

– освоение обучающимися основных принципов функционирования защит отдельных элементов электроэнергетических систем, их взаимодействия друг с другом;

– формирование навыков проектирования и расчета уставок основных типов устройств РЗиА.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.1 Инженерная и компьютерная графика, Б1.Д.В.2 Основы электроэнергетики, Б1.Д.В.7 Электроэнергетические системы и сети, Б1.Д.В.8 Автоматизированный электропривод, Б1.Д.В.9 Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии, Б1.Д.В.10 Электрические станции и подстанции, Б1.Д.В.13 Переходные процессы в электроэнергетических системах, Б1.Д.В.14 Техника высоких напряжений, Б1.Д.В.15 Эксплуатационный контроль и техническая диагностика электрооборудования, Б1.Д.В.16 Электроснабжение промышленных предприятий, Б2.П.Б.У.1 Ознакомительная практика, Б2.П.В.У.1 Профилирующая практика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.16 Электроснабжение промышленных предприятий, Б2.П.В.П.2 Проектная практика, Б2.П.В.П.3 Преддипломная практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК*-1-В-4 Осуществляет сбор и анализ исходных данных для проектирования и выбора оптимального состава оборудования систем электроснабжения	**Знать:** Требования, предъявляемые к устройствам РЗиА **Уметь:** Определять режимы работы объектов электроэнергетических систем **Владеть:** Методами расчета режимов работы электроэнергетических систем
ПК*-2 Способен анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности	ПК*-2-В-11 Применяет знания методов расчета, выбора устройств релейной защиты и автоматики в электроэнергетических системах	**Знать:** Требования нормативной документации по составу защит объектов электроэнергетических систем **Уметь:** Производить выбор элементов вторичных цепей и устройств

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		РЗиА **Владеть:** Методами проектирования устройств релейной защиты, расчета уставок защит
ПК*-7 Способен составлять и оформлять типовую техническую документацию	ПК*-7-В-5 Выполняет комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электроснабжения	**Знать:** Графические обозначения элементов вторичных цепей **Уметь:** Читать и составлять принципиальные схемы измерительных и оперативных цепей релейной защиты **Владеть:** Информацией о современной аппаратной базе устройств РЗиА. Навыками технико-экономического сравнения различных вариантов реализации защит
ПК*-9 Способен использовать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения	ПК*-9-В-4 Демонстрирует знания современного программного обеспечения для настройки и проектирования устройств релейной защиты и автоматики	**Знать:** Основные технические характеристики различных устройств РЗиА Принципы наладки устройств РЗиА **Уметь:** Строить карты селективности релейной защиты с использованием современных программных средств **Владеть:** Методами автоматизации расчетов уставок РЗиА

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	8 семестр	9 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**180**	**108**	**288**
Контактная работа:	**18,5**	**28,5**	**47**
Лекции (Л)	8	10	18
Практические занятия (ПЗ)	6	8	14
Лабораторные работы (ЛР)	4	8	12
Консультации		1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных		1	1

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	8 семестр	9 семестр	всего
занятий			
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,5	0,5	1
Самостоятельная работа: *- выполнение курсовой работы (КР);* *- выполнение контрольной работы (КонтрР);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;*	**161,5** +	**79,5** +	**241**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Назначение РЗиА	54	2	2		50
2	Элементная база РЗиА	60	2	4	4	50
3	Основные типы релейных защит	52	2			50
4	Резервирование при отказах защит и выключателей	14	2			12
	Итого:	180	8	6	4	162

Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
3	Основные типы релейных защит	14		2	4	8
5	Автоматизация в электроэнергетических системах	18	2			16
6	Защита и автоматика линий электропередач	18	2	2		14
7	Защита и автоматика силовых трансформаторов	22	2	2	4	14
8	Защита и автоматика электродвигателей, генераторов и синхронных компенсаторов	18	2	2		14
9	Защита и автоматика шин	14	2			12
	Итого:	108	10	8	8	82
	Всего:	288	18	14	12	244

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Назначение РЗиА

Характеристики токов и напряжений в ненормальных и аварийных режимах электроэнергетических систем и основных электроприемников. Расчет токов короткого замыкания

для расчета и проверки релейной защиты. История возникновения и развития РЗА. Терминология. Требования, предъявляемые к РЗиА.

2. Элементная база РЗиА

Классификация элементов РЗиА. Электромеханические, полупроводниковые (статические) реле, микропроцессорные терминалы. Измерительные трансформаторы. Схемы соединения трансформаторов тока и напряжения. Аппараты защиты на напряжение 0,4 кВ. Оперативный ток. Условные графические обозначения устройств РЗиА.

3. Основные типы релейных защит

Токовые защиты. Отсечка, отсечка с выдержкой времени, максимальная токовая защита (МТЗ), МТЗ с пуском по напряжению. Защита от замыканий на землю. Максимальная токовая направленная защита. Дистанционная защита. Продольная дифференциальная защита. Ток небаланса. Поперечная дифференциальная защита. Поперечная дифференциальная направленная защита. Дуговая защита. Времятоковые характеристики релейной защиты, карты селективности.

4. Резервирование при отказах защит и выключателей

Причины отказов устройств РЗиА и их классификация. Надежность устройств РЗиА. Ближнее резервирование защит. Дальнее резервирование защит. Устройства резервирования при отказах выключателей (УРОВ).

5. Автоматизация в электроэнергетических системах

Устройства системной автоматики. Устройства автоматического включения резерва (АВР). Устройства автоматического повторного включения (АПВ). Устройства автоматической частотной разгрузки (АЧР). Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) синхронных генераторов. Устройства автоматической синхронизации генераторов.

6. Защита и автоматика линий электропередачи

Повреждения и ненормальные режимы работы ЛЭП. Выбор и расчет защитных характеристик автоматических воздушных выключателей. Расчет плавких вставок предохранителей ВН. РЗА воздушных и кабельных линий ВН. Особенности защиты ЛЭП с малым током замыкания на землю.

7. Защита и автоматика силовых трансформаторов

Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов. Релейные защиты трансформаторов и автотрансформаторов. Защита трансформаторов плавкими предохранителями и автоматическими выключателями. Автоматика трансформаторов. Газовая защита трансформаторов и устройств РПН. Особенности защиты и автоматики трансформаторов дуговых электропечных установок.

8. Защита и автоматика электродвигателей, генераторов и синхронных компенсаторов

Повреждения и ненормальные режимы работы электрических машин. Виды РЗА в зависимости от типа и класса электрических машин. Различия в защитах синхронных и асинхронных электродвигателей. Особенности защит генераторов и синхронных компенсаторов.

9. Защита и автоматика шин

Характер и особенности повреждений шин. Защита шин разных классов напряжения. Применение логической и дуговой защиты. Устройства автоматического включения шин.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Схемы соединения трансформаторов тока	4
2	3	Исследование поведения токовых защит	4
3	7	Дифференциальная защита трансформатора	4
		Итого:	12

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Расчет токов короткого замыкания для нужд релейной защиты	2
2	2	Проектирование защит на напряжении 0,4 кВ. Выбор защитных характеристик и расчет уставок автоматических выключателей 0,4 кВ	2
3	2	Выбор предохранителей и их плавких вставок	2
4	6	Расчет защит кабельных и воздушных линий	2
5	8	Расчет защит электрических двигателей высокого напряжения	2
6	7	Расчет уставок защит силовых трансформаторов	2
7	3	Проектирование схем релейной защиты и автоматики	2
		Итого:	14

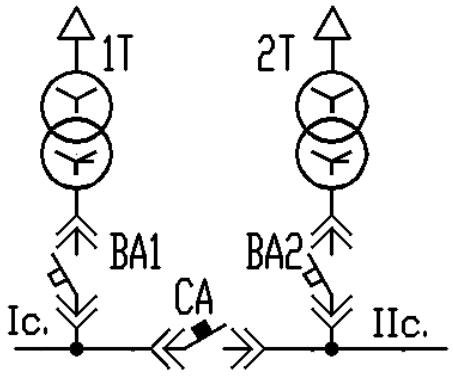
4.5 Курсовая работа (7 семестр)

Тема курсовой работы: «Проектирование релейной защиты системы электроснабжения». Курсовая работа направлена на формирование навыков самостоятельного проектирования релейной защиты и автоматики, расчета уставок защит различных элементов электроэнергетической системы. Курсовая работа содержит следующие разделы:

-расчет токов короткого замыкания;
-расчёт уставок автоматических выключателей 0,4 кВ;
-выбор предохранителей и их плавких вставок;
-расчёт уставок защит кабельных линий;
-расчёт уставок защит электрических двигателей;
-расчёт уставок защит вводных и секционных выключателей;
-выбор и проверка трансформаторов тока для нужд релейной защиты;
-расчёт уставок защит силового трансформатора;
-расчёт уставок защит питающей воздушной линии.

4.6 Контрольная работа (6 семестр)

*(*В качестве задания для контрольной работы приводится расчёт уставок защит одного из элементов системы электроснабжения.



Вариант № 1

Трансформатор – ТМЗ-1000
Тип автомата – Э-25, расцепитель МРТ-5
Наличие АВР – да
Автоматы отходящих линий – 4500 А, 0,2 с

Токи КЗ:

Однофазное минимальное	Двухфазное минимальное	Трехфазное максимальное
6190 А	12130 А	20242 А

Двигательная нагрузка на стороне 0,4 кВ:

I с			II с		
Имя	Мощность, кВт	Ток, А	Имя	Мощность, кВт	Ток, А
НК-2	160	293	НС-2	110	200
НС-1	160	293	НК-3	110	200
АВО-1	75	178	НК-1	110	200
			АВО-2	75	178
			АВО-3	75	197

Вариант 2.

Мощность на валу двигателя: $P_{ном\ дв}$ = 1400кВт
Коэффициент мощности: cosφ = 0,85
Напряжение:. $U_{ном\ дв}$ = 6 кВ
КПД: η = 0,905
Кратность пускового тока: $k_{пуск}$= 5,5
Значение тока трехфазного КЗ на вводах питания электродвигателя: $I^{(3)}_{к}$ = 3,5 кА
Пуск двигателя прямой от напряжения питающей сети.
Двигатель участвует в самозапуске.
Двигатель питается по КЛ сечением 120 мм^2, длиной 0,6 км ($I_{с.уд}$=1А/км)
Рассчитать уставки токовой отсечки, защиты от перегрузки, защиты минимального напряжения и защиты от однофазных замыканий на землю.

Вариант 3

Рассчитать уставки дифференциальной защиты трансформатора на базе реле РНТ-565
Исходные данные:
$S_{тр-ра}$ = 2500 кВА
$U_{ВН}$=35 кВ, $U_{НН}$=10 кВ
$\Delta U_{РПН}$ =±5%
Шины 10 кВ: $I_{кз\ max}$= 1644 А / 470 А (приведенное к 35 кВ)
$I_{кз\ min}$= 1312 А / 375 А (приведенное к 35 кВ)
Трансформаторы тока:
Сторона ВН n_T=100/5, соединение треугольником
Сторона НН n_T=200/5, соединение звездой

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст] : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электроснабжение" направление подготовки "Электроэнергетика" / В. А. Андреев.- 6-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2008. - 640 с.

2. Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Электроэнергетика" / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев; под ред. А. Ф. Дьякова.- 2-е изд., стер. - Москва : Изд-во МЭИ, 2006. - 296 с.

3. Валиуллин, К. Р. Релейная защита и автоматика [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / К. Р. Валиуллин; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2020. - ISBN 978-5-7410-2445-4. - 107 с. Режим доступа:
http://artlib.osu.ru/site_new/index.php?option=com_find&type=getfile&name=131080_20200904.pdf&folder1=metod_all&folder2=books&no_html=1

4. Валиуллин, К. Р. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / К. Р. Валиуллин; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2019. - ISBN 978-5-7410-2410-2. - 98 с. Режим доступа:
http://artlib.osu.ru/site_new/index.php?option=com_find&type=getfile&name=116143_20200113.pdf&folder1=metod_all&folder2=books&no_html=1

5.2 Дополнительная литература

1. Булычев А.В., Наволочный А.А. Релейная защита в распределительных электрических сетях: пособие для практических расчетов. - М. : ЭНАС, 2011. - 208 с. : ил.

2. Правила устройства электроустановок. - М. : НЦ ЭНАС, 2002. - 80 с.

3. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98 / Под ред. Б.Н. Неклепаева. -М. : НЦ ЭНАС, 2004. - 152 с.

4. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 520 с., ил.

5. Шабад М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей. - Л.: Энергоиздат, Леннгр. отд., 1981. - 136 с., ил.

5.3 Периодические издания

1. Известия РАН. Энергетика : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2024.
2. Электрические станции : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2024.
3. Электротехника : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2024.
4. Электричество : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2024.

5.4 Интернет-ресурсы

http://rzia.ru/ - форум для общения специалистов в области РЗиА

http://electricalschool.info/relay/ - сайт «Школа для электрика». Содержит большое количество полезных статей по разным областям электротехники.

https://pro-rza.ru/ «Проект РЗА». Сайт содержит большое количество статей посвященных релейной защите и автоматике, а также тесты и виртуальные эксперименты.

http://dororz.ru/index.html сайт «РЗА от А до Я». Содержит большое количество статей, посвященных опыту практической эксплуатации устройств РЗиА.

https://raschet.info/ – сайт с большим количеством примеров различных электротехнических расчетов.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru
4. Валиуллин, К. Р. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : электронный курс в системе Moodle / К. Р. Валиуллин; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: ОГУ. - 2019. Режим доступа: https://moodle.osu.ru/course/view.php?id=1562

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, курсового проектирования, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория релейной защиты и автоматики, оснащенная стендами РЗ.002 РБЭ и АЭ.002 РБЭ ИПЦ производства «Учебная техника», персональными компьютерами и устройствами релейной защиты и автоматики для наглядного изучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.